

УДК:622.272

**М.В. Писаренко**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОЖИДАЕМЫХ ОСЕДАНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС ТЕХНОЛОГИЙ**

*Разработан алгоритм, позволяющий быстро и наглядно оценить степень влияния подземных горных разработок на земную поверхность.*

*Ключевые слова: подработка земной поверхности, параметров мульды, грид-тема, оседание земной поверхности.*

**Семинар № 1**

### **M.V. Pisarenko THE ESTIMATING OF EXPECTED LAND SUBSIDENCE BY HYBRID TECHNOLOGIES**

*The algorithm for fast and visually estimation of the level of underground mining impact on the soil surface is developed.*

*Key words: undermining, mould parameters, parameter grid, land subsidence.*

**В** процессе добычи угля и проведении горных выработок изменяется напряженное состояние горных пород, это приводит к их деформации и сдвигению. Сдвигение горных пород при определенном соотношении размеров выработанного пространства и глубины достигает земной поверхности, и она так же претерпевает деформацию. Часть породного массива, подвергшегося сдвигению под влиянием горных разработок, принято называть областью сдвига горных пород, о соответствующую часть земной поверхности – мульдой сдвига.

Границы мульды сдвига определяются граничными углами. Это внешние относительно выработанного пространства углы, образованные на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды горизонтальной ли-

нией и линиями, соединяющими границы выработанного пространства с граничными точками сдвига (в качестве которых принимают обычно точки, получившие оседание 10-15 мм или наклоны и горизонтальные деформации  $0,5 \times 10^{-3}$ . [1].

При определенном соотношении размеров выработанного пространства и глубины разработки в мульде сдвига образуется плоское дно, т.е. участок с максимально возможными оседаниями при данной мощности, глубине и угле падения пласта. На этом участке сдвига носят в основном равномерный характер. Условия, при которых в мульде сдвига образуется плоское дно принято называть полной подработкой земной поверхности.

Границы плоского дна определяются углами полных сдвигов  $\psi_1, \psi_2, \psi_3$ . При неполной подработке положение точки, имеющей максимальное оседание определяется углом максимального оседания  $\theta$ .

Расчет параметров мульды сдвига и ожидаемых оседаний земной поверхности выполняется согласно [1]. Однако процесс вычисления и особенно построение мульды сдвига в плане с учетом рельефа является

весьма трудоемкий процесс, и поэтому ограничивается расчетами в главных сечениях (по простиранию и падению пласта).

Использование интегрированных геинформационных систем, которые имеют возможности пространственного представления, манипулирования, анализа и визуализации пространственных данных, позволяют решать задачи такого плана достаточно быстро и эффективно.

Для создания модели расчета ожидаемых сдвижений земной поверхности использовались следующие программные продукты:

- MapInfo 6.5 (можно AutoCAD или любую другую ГИС) – для визуализации, привязки к планам горных работ;
- Surfer 8 - расчетов гридов и построения карт;
- Microsoft Office Excel – проведения расчетов.

В качестве исходных данных использовались совмещенные с поверхностью планы горных работ (в представленных материалах использовались данные по ш. Березовская), горно-гео-логическая информация необходимая для выполнения расчетов. Для автоматизации процессов расчета был создан макрос на языке программирования средствами Visual Basic в среде Microsoft Office Excel. Оседание земной поверхности в любой точке мульды сдвижения определяется по формуле [1]:

$$\eta_{xy} = \eta_m S(z_x) S(z_y), \quad (1)$$

где  $S(z_x)$  и  $S(z_y)$  – функция типовой кривой оседания, определяемая в зависимости от коэффициентов  $N_1$  (для точек главного сечения вкост простирания пластов) и  $N_2$  (для точек главного сечения по простиранию пластов).

Алгоритм вычисления, заложенный в макросе следующий:

- вводятся исходные горнотехнологические данные: глубина отработки, длина лавы по простиранию и по падению, угол падения и мощность пласта, мощность наносов, наличие подработки;

- вычисляются углы сдвижения, максимального оседания и полных сдвижений, коэффициенты  $N_1$  и  $N_2$ , максимальное оседание, длины мульды по простиранию и падению;

- определяются координаты точек мульды сдвижения и ожидаемые оседания согласно формуле 1. При этом вначале координаты определяются в условных системах координат  $x_y, y_y$ , когда за начала координат принимается точка, соответствующая середине выработки, при этом ось  $X$  проходит в главном сечении мульды по простиранию и направлена по простиранию, ось  $Y$  проходит в главном сечении мульды вкост простирания и направлена в сторону восстания пласта. Затем координаты пересчитываются в исходную систему координат  $X_{и}, Y_{и}$  (в которой представлен план горных работ) по известным в аналитической геометрии формулам:

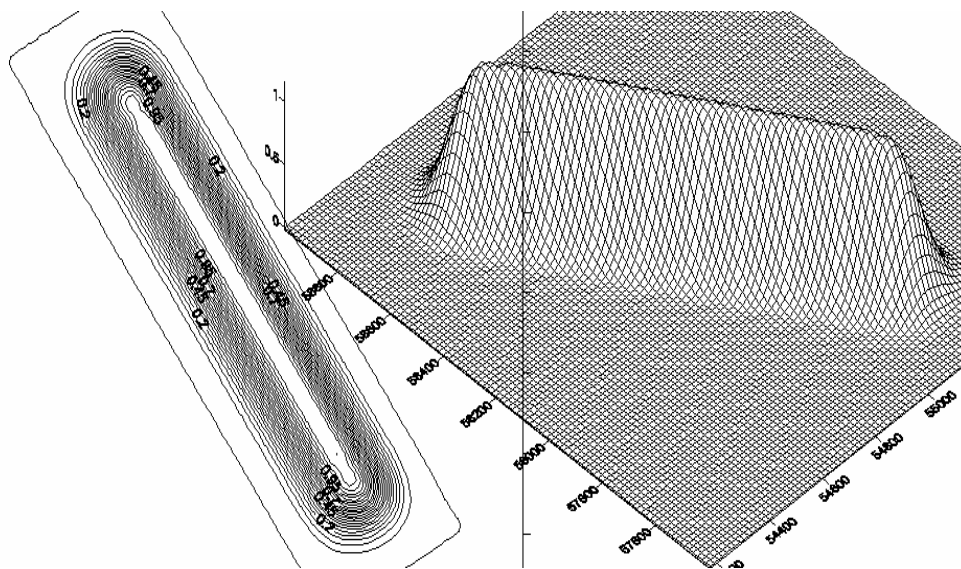
$$X_{и} = x_o + x_y \times \cos\varphi - y_y \times \sin\varphi,$$

$$Y_{и} = y_o + x_y \times \sin\varphi + y_y \times \cos\varphi,$$

где  $x_o, y_o$  – координаты центра начала отсчета условных систем координат в истинных,  $\varphi$  – угол поворота координат (угол образуемый между направлениями оси  $X$  в условных и истинных координат).

В результате расчетов создается табличный файл, в котором хранятся пространственные координаты и значения ожидаемых оседаний земной поверхности в точках мульды.

Этот файл передаются Surfer где строится грид-темы. Грид тема – это растровый эквивалент темы объектов.

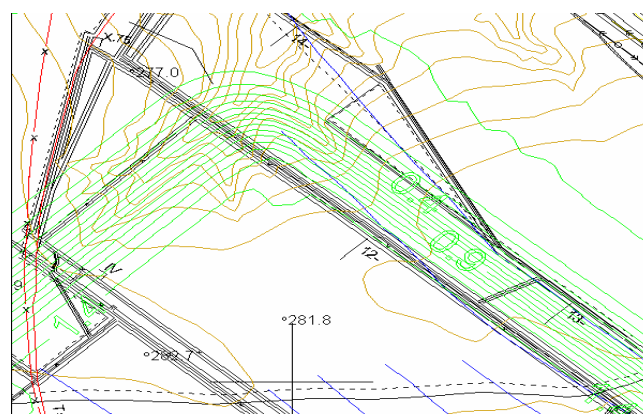


**Рис. 1. Муфта сдвижения представленная в двух и трех мерном пространствах (для лав 16-16 ш. Березовская)**

Она представляет собой графический слой, где пространство Вида разделено на квадратные ячейки. Каждая ячейка хранит числовое значение данных, передающее информацию о географическом слое, который она представляет. На основе грид-тем можно проводить следующие аналитические операции: сложение двух гридов, определение уклонов склона, создание рельефа от отмывкой, вычисления кривизны поверхности, математические и статистические расчеты. Перечисленные выше операции использовались при определении ожидаемых оседаний земной поверхности от влияния горных работ. Полученная грид-тема может быть представлена в виде трехмерной поверхности

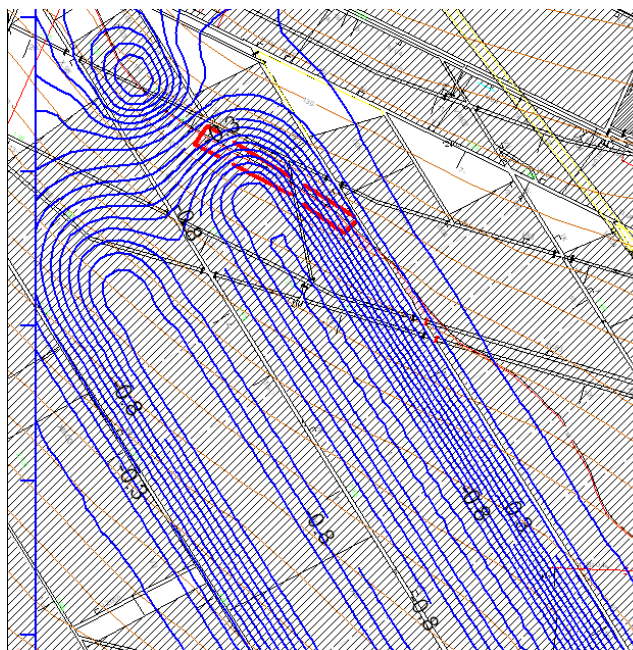
или двух мерной в виде изолиний (рис. 1). Нормативными документами рекомендуется [1] при расчете параметров ожидаемых оседаний земной поверхности от влияния нескольких лав при мощности целика меньше 0,1 глубины, выполнять как от одной лавы, принимая осредненные значения длины лавы и выемочного столба, глубины.

Нормативными документами рекомендуется [1] при расчете параметров ожидаемых оседаний земной поверхности



**Рис. 2. Оседание поверхности от 3-х лав при средних геометрических размерах**

**Рис. 3. Оседание поверхности представленные в изолиниях от влияния 2-х лав, одна из которых имеет переменную длину представленная в MapInfo**



ности от влияния нескольких лав при мощности целика меньше 0,1 глубины, выполнять как от одной лавы, принимая осредненные значения длины лавы и выемочного столба, глубины. Однако лавы могут иметь сложную форму, поэтому расчет по средним значениям вносит ошибки и неточности. Демонстрация этого показана на рис. 2, где представлен фрагмент построенной мульды сдвижения в изолиниях, от влияния трех лав по средним значениям выемочного столба, при этом граница мульды сдвижения имеет меньший размер, нежели площадь, которая была отработана или больше.

Для преодоления этих неточностей расчет ожидаемых оседаний производим для каждой отдельной лавы с построением гридов, далее складывая их, получаем результирующий. Последний через обменный формат передается в MapInfo (AutoCAD или любой ГИС пакет), где полученный результат накладыва-

вается на планы горных работ. Результат описанного алгоритма выше представлен на рис. 3.

Путем вычитания гридов поверхности и ожидаемых оседаний можно получить новую поверхность, которая отразит результат влияния ведения горных работ на земную поверхность.

Таким образом, описанный выше алгоритм с использованием информационных систем позволяет довольно быстро и наглядно оценить степень влияния подземных горных разработок на земную поверхность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях.* – М., Недра, 1996, 288 с. **ГИАБ**

#### Коротко об авторе

Писаренко М.В. – кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник Института угля и углехимии СО РАН, iuu@kemsc.ru